

GB/T 41162—2022《特殊物理性能合金钢铸件》标准解读

李振纲，孔祥广

(华北电力大学机械工程系，河北保定 071003)

摘要：介绍了《特殊物理性能合金钢铸件》国家标准的制定概况、适用范围、铸件牌号、热处理规范及应用等；重点解读了七种耐蚀铸钢、四种低膨胀系数耐热铸钢和一种镍基自润滑耐磨合金牌号中合金元素的作用以及热处理规范。本标准的制定为我国特殊物理性能合金钢铸件的整体产业提升与发展，促进产业结构调整与优化升级提供了参考标准和技术保障，将有力促进行业技术水平的提高。

关键词：特殊物理性能；合金钢；铸件；技术要求

1 标准制定概况

特殊物理性能合金钢，是指具有特殊电性、磁性、弹性和膨胀性等物理性能的铸钢，包括软磁钢、永磁钢、无磁钢以及特殊弹性钢、特殊膨胀钢和高电阻钢等，还包括一些自润滑减摩耐磨合金，主要用于生产制造机械特种装备上的泵体、阀体（门）、转子、轴瓦、轴承、巴氏合金类、摩擦副等部件，制造工艺特殊、技术含量和质量要求高、附加值高，是高端装备和国防现代化装备制造业必需的关键和基础材料。

为了加快特殊物理性能合金钢铸件的整体产业提升与发展，促进产业结构调整与优化升级，国家标准化管理委员会于2018年3月8日下达了“特殊物理性能合金钢铸件”国家标准的制定计划，计划项目编号：20180217-T-469，标准负责起草单位为华北电力大学。制定计划立项后，即刻成立了以华北电力大学为组长单位的标准起草工作组，并明确了标准的主要技术内容、进度安排及有关要求。在标准编制过程中，工作组广泛收集国内外有关“铸造特殊物理性能合金钢铸件”方面的相关国内外标准和技术资料，并进行了大量的技术分析对比、资料查证、调查研究以及必要的试验验证工作，在修改采用ISO 19960: 2015 “Cast steels and alloys with special physical properties”的基础上形成了标准讨论稿。在讨论稿基础上于2018年6月10日形成《特殊物理性能合金钢铸件》国家标准征求意见稿，2018年6月—2020年7月就标准征求意见稿向全行业两轮三次征求意见，并于2020年8月5日形成了标准送审稿及其编制说明，并提交全国铸造标准化委员会铸钢分技术委员会进行审查。2020年9月15日，全国铸造标委会铸钢分技术委员会在浙江省嘉兴市召开了标准审查会。审查意见修改后，经全体与会委员表决，标准获得一致通过，最后形成了标准报批稿。GB/T 41162—2022《特殊物理性能合金钢铸件》于2022年3月9日正式发布，2022年10月1日实施。

2 标准主要内容

本标准详细规定了特殊物理性能合金钢铸件的适用范围、牌号、技术要求、试验方法、检验规则及标识、质量证明书、包装和贮运等方面的内容。

作者简介：

李振纲（1970—），男，工程师，主要从事火力发电厂高温材料、耐蚀材料及耐磨材料方面的研究工作。
E-mail: zhengangli@163.com

中图分类号：TG26

文献标识码：A

文章编号：1001-4977(2024)11-1611-06

收稿日期：

2023-06-26 收到初稿，
2023-12-06 收到修订稿。

本标准修改采用了ISO 19960: 2015, 其与ISO 19960: 2015中的牌号及UNS标准中的牌号近似对照见标准附录C。与ISO 19960: 2015标准对比, 本标准牌号的化学成分、力学性能、热处理工艺、典型的物理特性值和焊接工艺评定方法等方面与ISO标准保持一致, 但考虑到我国工业生产的实际情况, 为提高标准的可操作性和适用性, 本标准增加了铸件焊补和矫正的前提技术条件。另外, 在标准的附录A, 增加了本标准与 ISO 19960: 2015 的章条编号对照表; 在附录B增加了本标准与 ISO 19960: 2015 的技术性差异及其原因说明等。

2.1 适用范围

本标准适用于弱磁材料、低膨胀系数铸钢及自润滑耐磨合金铸件。弱磁材料是指非磁性的材料, 本标

准中指铸造耐蚀奥氏体不锈钢; 低膨胀系数铸钢在一定温度范围内, 具有较低的膨胀系数 ($\alpha_{\text{室温} \sim 100\text{ }^{\circ}\text{C}} \leq 2.0 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$) [1], 标准中包括四种铁镍和铁镍钴低膨胀系数合金, 用于制造尺寸近似恒定的高精度要求的仪表零件等; 自润滑耐磨合金指添加了铋和锡的镍基自润滑耐磨合金, 本标准只列出一一种牌号。

2.2 牌号及化学成分

根据钢的化学成分和物理性能, 本标准规定了12种合金钢牌号, 每个牌号的化学成分见表1。其中前七个牌号属于弱磁性耐蚀铸钢, 为铸态奥氏体不锈钢, 相对磁导率 μ_r 均不大于1.01; ZGR3Ni32Co5、ZGR3Ni29Co17、ZGR3Ni36和ZGR3Ni36S共四个牌号属于低膨胀系数的耐热铸钢; 而ZNMNiCr13SnBiMo属于镍基自润滑耐磨合金。

表1 特殊物理性能合金钢的牌号和化学成分
Table 1 Grades and chemical compositions of alloy steel with special physical properties w_B /%

序号	牌号	化学成分										其他
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	N	Co	
1	ZGS8Cr18Ni11 ^a	≤0.15	≤1.00	≤2.0	≤0.045	≤0.030	16.5~18.5	≤0.75	10.0~12.0	—	—	—
2	ZGS2Cr18Ni13N ^a	≤0.03	≤1.00	≤2.0	≤0.035	≤0.020	16.5~18.5	—	12.0~14.0	0.10~0.20	—	—
3	ZGS2Cr18Ni14Mo3N ^a	≤0.03	≤1.00	≤2.0	≤0.035	≤0.020	16.5~18.5	2.5~3.0	13.0~15.0	0.15~0.25	—	—
4	ZGS2Cr19Ni11N ^a	≤0.03	≤1.50	≤2.0	≤0.035	≤0.020	18.0~20.0	≤1.0	10.0~12.0	0.10~0.20	—	—
5	ZGS3Cr17Ni9Mn8Si4 ^a	≤0.05	3.5~4.5	7.0~9.0	≤0.045	≤0.030	16.0~18.0	≤1.0	8.0~9.0	0.08~0.18	—	—
6	ZGS3Cr22Ni13Mn5N ^a	≤0.06	≤1.00	4.0~6.0	≤0.040	≤0.030	20.5~23.5	1.5~3.0	11.5~13.5	0.20~0.40	—	Nb: 0.10~0.30 V: 0.10~0.30
7	ZGS2Cr21Ni16Mn5Mo3NNb ^a	≤0.03	≤1.00	4.0~6.0	≤0.025	≤0.010	20.0~21.5	3.0~3.5	15.0~17.0	0.20~0.35	—	Nb≤0.25
8	ZGR3Ni32Co5 ^b	≤0.05	≤0.50	≤0.60	≤0.030	≤0.020	≤0.25	≤1.0	30.5~33.5	—	4.0~6.5	Al≤0.10
9	ZGR3Ni29Co17 ^b	≤0.05	≤0.50	≤0.50	≤0.030	≤0.020	≤0.25	≤1.0	28.0~30.0	—	16.0~18.0	—
10	ZGR3Ni36 ^b	≤0.05	≤0.50	≤0.50	≤0.030	≤0.020	≤0.25	≤1.0	35.0~37.0	—	—	—
11	ZGR3Ni36S ^b	≤0.05	≤0.50	≤0.50	≤0.030	0.10~0.20	≤0.25	≤1.0	35.0~37.0	—	—	—
												Bi: 3.0~5.0
12	ZNMNiCr13SnBiMo ^c	≤0.05	≤0.50	≤1.5	≤0.030	≤0.030	11.0~14.0	2.0~3.5	余量	—	—	Sn: 3.0~5.0 Fe≤2.0

注1: 上标a表示具有弱磁性的耐蚀铸钢;
注2: 上标b表示具有低膨胀系数的耐热铸钢;
注3: 上标c表示铸造耐磨合金。

2.3 力学性能及合金元素的作用

特殊物理性能合金钢铸件的热处理状态及室温力学性能应符合表2中的规定。

2.3.1 耐蚀铸钢中合金元素的作用

标准中前七个牌号的铸钢经固溶处理后可获得单相奥氏体组织, 因奥氏体相具有弱磁性, 且在大气、

水汽、水等弱腐蚀性介质中具有良好的抗蚀性, 故此七个牌号铸钢属于具有弱磁性的奥氏体不锈钢耐蚀铸钢, 相对磁导率均≤1.01。

ZGS8Cr18Ni11、ZGS2Cr18Ni13N、ZGS2Cr19Ni11N、ZGS3Cr17Ni9Mn8Si4和ZGS3Cr22Ni13Mn5N属于铬镍不锈钢, 主加合金元素是Cr和Ni, 其次是Mn、Si、N。Cr通过提高电极电位和铁的钝化性能, 生成致密的

表2 特殊物理性能合金钢的室温力学性能
Table 2 Room temperature mechanical properties of alloy steel with special physical properties

序号	牌号	状态	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ /MPa	抗拉强度 R_m /MPa	断后伸长率 A /%	冲击吸收能量 KV_2 /J
1	ZGS8Cr18Ni11	固溶处理	≥195	440~590	≥20	≥80
2	ZGS2Cr18Ni13N	固溶处理	≥210	440~640	≥30	≥115
3	ZGS2Cr18Ni14Mo3N	固溶处理	≥240	490~690	≥30	≥80
4	ZGS2Cr19Ni11N	固溶处理	≥180	≥440	≥30	—
5	ZGS3Cr17Ni9Mn8Si4	固溶处理	≥290	≥580	≥24	—
6	ZGS3Cr22Ni13Mn5N	固溶处理	≥290	≥580	≥24	—
7	ZGS2Cr21Ni16Mn5Mo3NNb	固溶处理	≥315	570~800	≥20	≥65
8	ZGR3Ni32Co5	淬火+回火	—	—	—	—
9	ZGR3Ni29Co17	淬火+回火	—	—	—	—
10	ZGR3Ni36	淬火+回火	≥275	≥395	≥28	—
11	ZGR3Ni36S	淬火+回火	≥275	≥395	≥25	—
12	ZNMNiCr13SnBiMo	铸态	—	—	—	—

注：ZGR3Ni32Co5，ZGR3Ni29Co17和ZNMNiCr13SnBiMo 牌号不规定力学性能。

Cr₂O₃氧化膜来提高铸钢的耐蚀性。ZGS8Cr18Ni11的含碳量较高，因C是强烈稳定奥氏体的元素，其能力约为镍的30倍^[2]，故此牌号中镍加入量为11%；而碳含量较低的ZGS2Cr18Ni13N，为保证获得奥氏体单相组织，镍加入量提高到13%。

Mn也是形成和稳定奥氏体的元素，其作用约为镍的一半^[3]。为了减少镍的加入量，ZGS3Cr17Ni9Mn8Si4和ZGS3Cr22Ni13Mn5N两个牌号中分别加入了8%和5%左右的Mn来替代Ni，在钢中主要起固溶强化和稳定奥氏体的作用。在含氮量较高的奥氏体不锈钢中，Mn可以提高氮在钢中的固溶度。如果高氮奥氏体不锈钢中锰含量较低，可能由于Cr₂N的析出而导致钢的塑性和韧性严重下降。ZGS3Cr17Ni9Mn8Si4中加入了4%左右的Si，可起抗高温腐蚀的作用。一部分Si溶于奥氏体中起到固溶强化作用，一部分氧化后形成致密的SiO₂保护膜，进一步提高铸钢的耐蚀性。Si是铁素体形成元素，在Cr-Ni奥氏体不锈钢中，为了得到奥氏体组织，Ni量要相应地增至14%^[4]。

ZGS2Cr18Ni14Mo3N和ZGS2Cr21Ni16Mn5Mo3NNb属于铬镍钼不锈钢，都加入了3%左右的Mo。Mo主要起固溶强化作用，提高钢的再结晶温度，析出稳定相Mo₂C，提高钢的热强性，同时还能提高抗点腐蚀的能力。在18-8钢中加入1.5%~5.0%的Mo，可以提高在各种有机酸（如蚁酸、醋酸、草酸等以及氧化氢、硫酸盐、酸性染料、漂白粉等）中的耐蚀性。由于Mo是形成铁素体的元素，为了得到奥氏体组织，在18-8不锈钢中要相应地增加Ni含量，一般要增至12%以上^[5]。

N是强烈稳定奥氏体的元素，可部分代替Ni以降低

成本。以N代替Ni的比例为0.025：1，如N含量为0.15%时，需5%的Ni即可得到奥氏体组织；N含量为0.25%时，只需4.5%的Ni即可^[6]。牌号中加入少量的N，能起到强烈的固溶强化效果，可以提高铸钢的强度。N与Nb、Cr等合金元素也可形成特殊氮化物或碳氮化物，起沉淀强化作用。在奥氏体耐热钢中含氮量通常控制在0.05%~0.35%之间。N还可以提高铬镍奥氏体耐热钢的热强性，但对韧性影响较小。N在钢中能降低铬和碳的扩散率，有助于抑制Cr₂₃C₆的粗化^[7]。

Nb是强碳化物形成元素，在奥氏体不锈钢中主要以碳氮化物的形式存在，起弥散强化作用。含铌的碳氮化物具有较好的高温稳定性，故添加Nb的奥氏体不锈钢具有良好的高温强度，抗高温腐蚀性较好。

2.3.2 低膨胀系数耐热铸钢中合金元素的作用

ZGR3Ni36、ZGR3Ni36S、ZGR3Ni32Co5、ZGR3Ni29Co17四种铸钢属于低膨胀系数的Fe-Ni合金，又称因瓦合金。其在室温下具有单一的奥氏体组织，室温附近的平均线性膨胀系数为1.5 × 10⁻⁶ /℃，仅为奥氏体不锈钢的1/10^[8]。

此类铸钢之所以具有较低的膨胀系数，是由于在磁性温度（居里点温度）以下有大的正自发体积磁致伸缩效应的缘故^[9]。当温度升高时，饱和磁化强度急剧下降，并伴随较大的体积收缩，抵消了原子热振动加剧而产生的正常热膨胀^[10]。

低膨胀系数耐热铸钢中，Ni是最主要的合金元素，其对低膨胀性能的影响尤为显著。Ni的主要作用是稳定奥氏体（ γ ）相，避免在常温或低温下发生不

同程度的奥氏体 (γ) 向针状马氏体 (α) 转变^[11], 消除因相变引起的体积膨胀效应, 从而保证较低的膨胀系数, 特别是当合金中的镍含量为36%时, 其热膨胀系数几乎不随温度的变化而发生变化, 镍含量偏高有利于 γ 相的稳定。

Scott等^[12]发现Fe-Ni合金中加入Co可以使合金高温下的膨胀系数进一步降低, 并使居里点温度提高, 钴元素添加的同时也会对合金的低温组织稳定性产生影响^[13], 因此Fe-Ni-Co合金又被称为超低膨胀合金。

添加的Cr $\leq 0.25\%$, 通过添加少量的Cr元素能够有效提高因瓦合金的耐腐蚀性能。研究表明, 因瓦合金在工业及海洋气氛下使用时的腐蚀率为0.025 mm/y; 在盐水或海洋气氛下使用时会出现应力腐蚀敏感性; 而在酸性条件下使用时, 其裂纹扩展速度会随温度的升高显著增加^[14]。

添加的Al $\leq 0.10\%$, 添加少量Al元素后, 在时效过程中可形成Ni₃Al金属间化合物对铸钢进行时效强化^[15]。

Mo的作用: 为提高铸钢的强度, 合金中添加了 $\leq 1.0\%$ 的Mo, 利用M₂C型碳化物的弥散分布能有效提高合金的强度, 但是添加Mo元素的同时会对合金的低膨胀性能产生破坏, 使其线性膨胀系数显著增加^[16]。

为了保持低膨胀系数, 必须保证合金的奥氏体状态, 一旦在低温下出现了马氏体相变, 就会造成合金体积的急剧变化, 热膨胀系数显著增加, 导致仪器、仪表在低温下失效。因此, 低温马氏体相变对低膨胀合金来说是极其重要的问题。

ZGR3Ni36S钢中加入了0.10%~0.20%的硫, 目的是提高切削加工性。ZGR3Ni36S钢比奥氏体不锈钢更难加工, 在切削过程中经常会出现切削力大、温度高、粘性切屑等问题, 既降低了刀具的使用寿命, 又影响了工件的精度。

钢中的硫能与锰形成MnS, 而MnS很脆并有润滑作用, 使切屑容易脆断, 降低了切削力, 提高了刀具耐用度和加工表面质量, 从而提高了切削加工性, 是广泛使用的易切削添加剂。

合金的化学成分是影响合金低温组织稳定性的主要因素, 故应严格控制合金元素的加入量。当合金成分不当时, 在常温或低温下将发生不同程度的奥氏体 (γ) 向针状马氏体 (α) 转变, 相变时伴随着体积膨胀效应, 合金的膨胀系数相应增高。

低膨胀系数耐热铸钢一般用于在一定的环境温度要求尺寸近似恒定的元器件中, 如精密天平臂、标准件的摆杆和摆轮、钟表的外补偿、大地测量基线尺; 微波通讯的波导管, 标准频率发生器等; 热双金属片

的被动层; 高分辨率阴极射线管 (显像管) 中的阴罩等。

2.3.3 镍基铸造耐磨合金中合金元素的作用

ZNMNiCr13SnBiMo属于镍基自润滑减摩耐磨合金, 主要用于泵件、阀体 (门)、转子、轴瓦、轴承、巴氏合金类及一些摩擦部件, 如发动机汽缸内衬、配气阀体、阀座、阀衬; 燃气轮机中的主轴轴承等零部件, 它们不仅要求材料具备较高的机械强度, 而且要求材料在环境温度发生低温至高温温变时能保持稳定且具有良好的摩擦学性能。

Cr: 在镍基耐磨合金中的作用主要是提高合金的抗高温氧化和抗点蚀、间隙腐蚀性能及抗硫化性能。当铬量达到一定临界值时, 会在表面形成一层连续致密的附着性良好的氧化铬膜, 可以阻碍合金进一步被氧化和被腐蚀, 从而使合金具有良好的抗蚀性, 适用于腐蚀工况。

Mo: 钼一方面作为固溶强化元素, 同时和碳结合以碳化物沉淀析出, 能细化晶粒, 提高合金的耐磨性和热强性能, 使钢在高温时保持足够的强度和抗蠕变能力^[17]。另外, 添加Mo的合金, 其摩擦轨迹较为平滑, 没有明显的粘着或犁削痕迹^[18]。

Mn和Si: Mn和Si的加入主要是和Cr一起形成稳定的保护氧化膜, 抑制Fe、Mo等氧化物的产生, 有效促进Cr₂O₃氧化层的形成, 提高了合金的抗氧化性能。但加入量过高会引起合金高温强度下降, 通常合金中的Mn和Si控制在1.0%~1.5%为宜。

Sn: 锡的硬度很低, 将软金属添加到镍基合金中可作为润滑成分以提高合金的自润滑效果。

Bi: 金属铋是一种固体润滑剂, 铋常作为铸铁、钢和铝合金的添加剂, 以改善合金的切削性能。

Fe: 铁原子能固溶于镍合金中起固溶强化作用, 提高合金的强度和硬度, 但加入量不宜过高, 一般控制在2.0%以下。铁含量过高, 会降低合金的抗氧化性能和耐腐蚀性能。

2.4 热处理

除镍基耐磨合金ZNMNiCr13SnBiMo在铸态下使用, 不进行热处理外, 其他11种铸钢牌号都要进行热处理, 具体热处理工艺见表3。

表3中序号1~7的七种铸钢属于奥氏体不锈钢, 基体组织为单相奥氏体, 不能通过淬火处理进行强化, 只进行固溶处理, 其目的是为获得较低膨胀系数和较高的尺寸稳定性。在固溶和时效处理状态下, 合金的奥氏体基体和晶界上存在有金属间相和碳氮化物。

表3 特殊物理性能合金钢铸件的热处理规范
Table 3 Specifications for heat treatments of alloy steel castings with special physical properties

序号	牌号	热处理
1	ZGS8Cr18Ni11	固溶处理, 1 050~1 150 ℃
2	ZGS2Cr18Ni13N	固溶处理, 1 050~1 150 ℃
3	ZGS2Cr18Ni14Mo3N	固溶处理, 1 050~1 150 ℃
4	ZGS2Cr19Ni11N	固溶处理, ≥1 050 ℃
5	ZGS3Cr17Ni9Mn8Si4	固溶处理, ≥1 050 ℃
6	ZGS3Cr22Ni13Mn5N	固溶处理, ≥1 050 ℃
7	ZGS2Cr21Ni16Mn5Mo3NNb	固溶处理, 1 080~1 180 ℃
8	ZGR3Ni32Co5	淬火, 820~850 ℃+回火, 300~350 ℃/空冷
9	ZGR3Ni29Co17	淬火, 820~850 ℃+回火, 300~350 ℃/空冷
10	ZGR3Ni36	淬火, 820~850 ℃+回火, 300~350 ℃/空冷
11	ZGR3Ni36S	淬火, 820~850 ℃+回火, 300~350 ℃/空冷
12	ZNMNiCr13SnBiMo	铸态

序号8~11的四种牌号属于低膨胀系数的耐热铸钢, 要进行淬火+回火处理。淬火时将半成品试样加热至820~850 ℃, 保温1 h, 水淬; 然后在300~350 ℃, 保温1 h, 空冷。

在生产过程中应严格控制热处理工艺及加工工艺, 根据使用温度应严格检验其组织稳定性。为获得较低的膨胀系数又能使其尺寸稳定, 在回火后可进行一次稳定化时效处理。可加热到95 ℃, 保温48 h。

该类合金主要用于制造在环境温度变化范围内尺寸高度精确的精密部件。

3 结束语

本标准的制定, 为特殊物理性能合金铸钢及其合金铸件产品的设计、生产、试验认证等方面提供了技术规范, 为产品质量检验、质量评定提供了评定依据, 对产品质量的实现起着重要的基础性保障作用。

在国家节能减排、节材降耗、绿色制造, “碳达峰、碳中和”总体战略布局要求下, 如何布局和发展特殊物理性能合金钢铸件, 对铸造钢铁行业调整产业结构和产品结构, 提升特殊物理性能合金钢铸件整体竞争力具有十分重要的现实意义和深远的战略意义。

参考文献:

- [1] 孟祥平, 高燕. 电力系统分析 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [2] 李云凯, 薛云飞. 金属材料学 [M]. 3版. 北京: 北京理工大学出版社, 2019.
- [3] 刘正东. 电站耐热材料的选择性强化设计与实践 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2017.
- [4] 赵勇桃. 超超临界锅炉用P92钢的组织性能及应用 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2015.
- [5] 李益民, 范长信, 杨百勋, 等. 大型火电机组用新型耐热钢 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2014.
- [6] 刘正东. 新一代马氏体耐热钢G115研发及工程化 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2020.
- [7] 刘正东, 陈正宗, 何西扣, 等. 630~700 ℃超超临界燃煤电站耐热管及其制造技术进展 [J]. 金属学报, 2020, 56 (4): 539~548.
- [8] SHIGA M. Invar alloys [J]. Current Opinion in Solid State and Materials Science, 1996, 1 (3): 340~348.
- [9] 刘江. 低膨胀合金的应用和发展 [J]. 金属功能材料, 2007, 14 (5): 33~37.
- [10] ZHANG Rong, GAO Chunhong, BI Zhongnan, et al. Isothermal martensitic transformation in super-invar alloy [C]//Proceedings of 2011 China Functional Materials Technology and Industry Forum (CFMTIF 2011), 2011.
- [11] 邢绍美. 4J32低膨胀合金及其工艺性 [J]. 航空工艺, 1998 (6): 34~36.
- [12] HOWARD Scott. Expansion properties of low-expansion Fe-Co-Ni alloys [J]. Trans. Am. Inst. of Mining and Metallurgical Engineers, 1930, 89: 506~537.
- [13] SCHILFGAARDE M V, ABRIKOSOV I A, JOHANSSON B. Origin of the invar effect in iron ± nickel alloys [J]. Nature, 1999, 400 (6739): 46~49.

- [14] 郑建军. 超低温轧制因瓦合金薄带的组织与力学性能 [D]. 沈阳: 东北大学, 2017.
- [15] 陆建生, 倪和勇, 沈黎明. 时效强化对Fe-Ni-Ti-Al因瓦合金的力学与膨胀特性 [J]. 上海钢研, 2006 (2): 31-34.
- [16] ZHANG J, TU Y, JIN X U, et al. Effect of solid solution treatment on microstructure of Fe-Ni based high strength low thermal expansion alloy [J]. Journal of Iron and Steel Research, International, 2008, 15 (1): 75-78.
- [17] 陶杰, 姚正军, 薛烽. 材料科学基础 [M]. 3版. 北京: 化学工业出版社, 2022.
- [18] 温诗铸, 黄平, 田煜, 等. 摩擦学原理 [M]. 5版. 北京: 清华大学出版社, 2018.

Interpretation of GB/T 41162—2022 Standard “Alloy Steel Castings with Special Physical Properties”

LI Zhen-gang, KONG Xiang-guang

(Department of Mechanical Engineering, North China Electric Power University, Baoding 071003, Hebei, China)

Abstract:

The general situation of working-out, scope of application, casting grade, heat treatment specification and application of the national standard “Alloy Steel Castings with Special Physical Properties” were introduced; The roles of alloy elements in seven corrosion resistant cast steels, four low expansion coefficient heat-resistant cast steels and one nickel base self-lubricating wear-resistant alloy grades, as well as the heat treatment specifications, were emphatically interpreted. The formulation of this standard provides a reference standard and technical guarantee for the overall industrial upgrading and development of alloy steel castings with special physical properties in China, and promotes the adjustment, optimization and upgrading of the industrial structure, which will effectively promote the improvement of the technical level of the industry.

Key words:

special physical properties; alloy steel; castings; technical requirement
